



(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 196 33 860 A 1**

970/001 Et
(D3)
(51) Int. Cl. 6:
H 01 J 35/10
H 01 J 35/14
H 01 J 35/06
G 01 N 23/223

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)

18.08.95 DE 195319435

(71) Anmelder:

IFG-Institut für Gerätebau GmbH, 12489 Berlin, DE

(74) Vertreter:

Patentanwälte Gulde Hengelhaupt Ziebig, 10785
Berlin

(72) Erfinder:

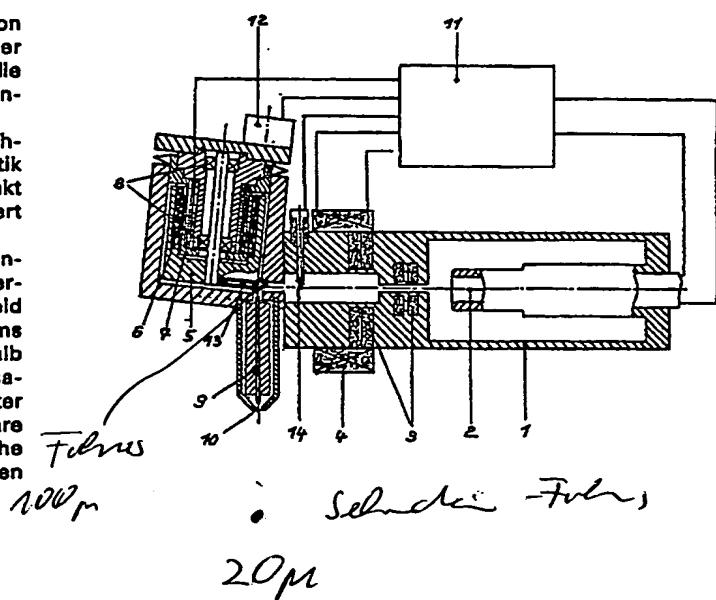
Langhoff, Norbert, Prof., 12526 Berlin, DE; Delong,
Armin, Prof., Brno, CS; Schmalz, Jürgen, Dipl.-Ing.,
15566 Schöneiche, DE

(54) Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie und Röntgenröhre zur Durchführung des Verfahrens

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie und eine durchstimmbare Impuls-Röntgenquelle variabler Energie mit Mikrofokus und integrierter Röntgenoptik.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenstrahlung durch eine Glaskapillaroptik fokussiert wird und der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Glaskapillaroptik positioniert und gehalten wird.

Die Röntgenröhre zur Erzeugung der intensiven Röntgenstrahlung basiert darauf, daß die von einer Kathode emittierten Elektronen in einem elektrischen Hochspannungsfeld beschleunigt, mit Hilfe eines elektronenoptischen Systems auf eine Drehanode fokussiert werden, wobei innerhalb eines gemeinsamen Vakuumsystems zwischen der wirksamen Fläche der Drehanode und dem Strahlenaustrittsfenster eine Röntgenkapillaroptik und außerhalb der Röntgenröhre eine Steuer- und Regelinrichtung angeordnet ist, welche den Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik positioniert.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie und durchstimmbare Impuls-Röntgenquellen variabler Energie mit Mikrofokus und integrierter Röntgenoptik.

Die Röntgenröhre zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie basiert darauf, daß die von einer Kathode emittierten Elektronen in einem elektrischen Hochspannungsfeld beschleunigt und mit Hilfe eines elektronenoptischen Systems auf eine Drehanode fokussiert werden, wobei der Fokus unterschiedliche Größe haben und auf verschiedene, auch unterbrochene Spuren unterschiedlichen Targetmaterials auf der Drehanode verlagert werden kann, derart, daß in bezug auf die optische Achse einer Röntgenoptik die Brennflecke unterschiedlicher Targetmaterialspuren hinreichend dicht beieinander liegen.

Ebenso ist es möglich, die Drehanode stets so zu verschieben, daß der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik liegt.

Die Erfindung ist anwendbar insbesondere in Geräten für die Stoff- und Strukturanalytik sowie in der Meß- und Medizintechnik.

Als neue Anwendungsfelder werden die Mikroanalyse als Röntgenfluoreszenz-Mikroskopie sowie die Röntgendurchstrahlung zur Bilderzeugung mit höchster Auflösung und Mikrotomographie erschlossen.

Eine Röntgenfluoreszenz-Mikroanalyse erfolgt üblicherweise durch Anregung mittels eines Elektronenstrahls in Rasterelektronenmikroskopen, wobei in Folge der Generierung intensiver Bremsstrahlung der Spuren nachweis eingeschränkt ist sowie die Probenoberflächen leitend und für die Messung im Vakuum präpariert sein müssen.

Die Anregung der Röntgenfluoreszenzstrahlung mittels eines energiereichen Röntgenstrahls mit hoher lateraler Auflösung setzt die Abbildung eines Mikrofokus der Anode auf die Probenoberfläche voraus. Dies wird mit Hilfe einer geeigneten Röntgenoptik realisiert.

Die Bilderzeugung höchster Auflösung im Durchstrahlungsmodus erfordert möglichst kleine Brennflecke. Dies trifft in gleicher Weise auch für die Mikrotomographie zu.

Aus der DE 44 10 757 A1 und der DE 44 10 760 A1 sind Röntgenröhren bekannt, die beispielsweise für medizinische Zwecke in der Mammographie verwendet werden. Bei diesen Röntgenröhren wird allerdings ein Brennfleck erzeugt, dessen Größe für den hier vorgesehenen Anwendungszweck nicht ausreichend und eine Impulserzeugung nicht möglich ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie zu schaffen, mit welchem ein kleiner Brennfleck mit geringen Verlusten einfach und reproduzierbar erzeugt und übertragen werden kann sowie eine Röntgenröhre zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, welche vielfältig anwendbar und wirtschaftlich herstellbar ist und Röntgenstrahlung hoher Intensität sowie variabler Energie bzw. Wellenlänge zur Verfügung stellt und die Untersuchung dynamischer Prozesse ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil der Patentansprüche 1 und 10 in Verbindung mit den Merkmalen in den jeweiligen Oberbegriffen.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Erzeugung einer intensiven Röntgenstrahlung mit variabler Energie mit einfachen Mitteln dadurch realisiert wird, daß die Röntgenstrahlung durch eine Glaskapillaroptik fokussiert wird und der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Glaskapillaroptik positioniert und gehalten wird.

Für die Erzeugung eines sehr kleinen Brennfleckes auf der Anode wird ein einfaches elektronenoptisches System, wie beispielsweise aus der Elektronenmikroskopie bekannt, verwendet. Das System ist so gestaltet, daß eine Brennfleckverlagerung auf der Anode definiert vorgenommen werden kann.

Eine effektive technische Lösung ist nur erreichbar durch die Kopplung eines elektronenoptischen Systems mit einer Drehanodeneinrichtung, einer abbildenden Röntgenoptik sowie einer Steuer- und Regeleinrichtung, die dafür Sorge trägt, daß der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik liegt.

Die Steuer- und Regeleinrichtung besteht aus einem Detektor für die von der Drehanode emittierte und der Röntgenkapillaroptik übertragene Röntgenstrahlung, elektronischen Baugruppen sowie einer Korrekturspule, mit der die Lage des Elektronenstrahls auf der Drehanode in kleinen Flächenbereichen beeinflußt werden kann.

Um eine möglichst hohe spezifische Flächenhelligkeit zu erzielen, wird in einer ersten Ausführungsvariante der tatsächliche Brennfleck optisch verkleinert, indem der Röntgenstrahl unter einem flachen Winkel zur Anode abgestrahlt wird. Wird beispielsweise ein Abstrahlwinkel von 6° gewählt, so wird eine optische Verkleinerung auf 1/10 erreicht. Dies hat den weiteren Vorteil, daß bei einer Verlagerung des Brennfleckes auf verschiedene Spuren die Brennflecke in bezug auf die Achse der Röntgenoptik im wesentlichen auf einer Geraden liegen.

Da die Einfangfläche der Röntgenoptik möglichst nah am Brennfleck positioniert sein sollte, wird diese in das Röntgengehäuse integriert und das Austrittsfenster z. B. Berylliumfolie erst am Ausgang der Optik angeordnet. Die Röntgenoptiken sind so gestaltet, daß sie eine Abbildung des Anodenfokus auf die Oberfläche der Probe in einem gewünschten Abstand ermöglichen oder einen quasi parallelen Strahl mit variablen Durchmesser und konstanter Intensitätsverteilung im Strahlquerschnitt zu erreichen gestatten. Die vorgesehenen Röntgenoptiken lassen auch eine Chromatisierung im Sinne eines Energiefilters zu.

Der auftretende spezifische Wärmeeintrag durch die hohe Energiedichte bei den sehr kleinen Brennfleckabmessungen würde die thermische Belastung des Anodenmaterials weit übersteigen. Deshalb ist es erforderlich, daß der Brennfleck auf der Anodenoberfläche wandert, was in der Technik der Röntgenröhren mit hoher Leistung in vielfältiger Ausführung durch das Konstruktionsprinzip der Drehanode realisiert wird. Dabei sind in Abhängigkeit von der Röhrenleistung zum Teil sehr aufwendige konstruktive Lösungen erforderlich, um die anfallende Wärme von der Anode abzuleiten.

Für Röntgenröhren kleiner Leistung sind Lösungen mit Drehanode bisher nicht gebräuchlich. Durch die extrem hohe spezifische Wärmebelastung anhand der Brennfleckgröße im Mikrometerbereich bietet sich das Drehanoden-Prinzip auch hier an.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von teilweise in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen nä-

her erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Darstellung eines Längsschnittes durch eine erste Variante einer erfindungsgemäßen Röntgenröhre,

Fig. 2 einen Ausschnitt der Drehanode mit Targetmaterialspuren, die von dem Elektronenstrahl getroffen werden, gemäß Fig. 1,

Fig. 3 die stark vergrößerte Darstellung des Teiles der Kathode, an welcher die Elektronenemission erfolgt,

Fig. 4 die schematische Darstellung eines Längsschnittes durch eine zweite Variante einer erfindungsgemäßen Röntgenröhre.

Wie in Fig. 1 dargestellt, befindet sich die Kathode 2 der Elektronenquelle und das elektronenoptische System 3 mit Oktupol 4 der Elektronenquelle, die topförmige Drehanode 5 mit der Rotorwicklung 6 und der außerhalb des Vakuumraumes angebrachte Stator 7 des Drehanodenmotors sowie die Röntgenkapillaroptik 9, welche die Röntgenstrahlung zum Strahlenaustrittsfenster 10 führt, in einem Metallgehäuse 1.

Bereits die Elektronenemission an der Kathode 2 soll einen möglichst feinen Elektronenstrahl ermöglichen. Dies geschieht dadurch, daß die Kathode 2 als Strich-Kathode gestaltet ist, so daß die emittierende Fläche und damit der Elektronenstrom erheblich vergrößert werden kann. Die Kathodengestaltung ist in Fig. 3 dargestellt. Die Strichkathode ist als Vorratskathode mit einer selbstregenerierenden Oberflächenbeschichtung ausgebildet.

Für das den Elektronenstrahl fokusierende elektronenoptische System 3 mit Oktupol 4 werden vorzugsweise Permanentmagneten verwendet. Die Verschiebung des Elektronenstrahls erfolgt durch einen elektromagnetischen Oktupol, der außerhalb des Vakuumsystems angebracht ist.

Über die Kante der Sonde 14 wird der Elektronenstrom positioniert. Damit läßt sich außerdem die Fokussierung nach der Steilheit der Stromänderung beurteilen.

Der Elektronenstrahl erzeugt beim Auftreffen auf die abgeschrägte Stirnfläche 5b der Drehanode 5 innerhalb eines Brennfleckes in Form eines Rechteckes mit dem Seitenverhältnis Länge : Breite von etwa 10 : 1 Röntgenstrahlung. Bei einem Abstrahlwinkel von 6° in Richtung der Röntgenkapillaroptik 9 und des Strahlenaustrittsfensters 10 erfolgt eine weitere optische Verkleinerung des Strahlquerschnittes mit dem Seitenverhältnis 1 : 1 bei etwa der gleichen Energieausbeute.

Die an der Anodenoberfläche auf der Spur des Brennfleckes entstehende Wärme soll im Anodenkörper gut weitergeleitet werden und die Wärmeableitung von der Drehanode 5 soll durch Wärmestrahlung zu dem durch äußere Kühlung auf einem niederen Temperaturniveau gehaltenen Röhrengehäuse 1 erfolgen. Dazu wird eine relativ große Strahlungsfläche durch geometrische Konstruktionsmaßnahmen und eine entsprechende Oberflächenstrukturierung realisiert, indem die Drehanode 5 als kompakter Körper ausgeführt ist, der durch seine topförmige Gestalt eine relativ große Oberfläche aufweist. Zudem kann die Oberfläche strukturiert oder mit einer tief schwarzen Substanz mit hohem Abstrahlungskoeffizienten belegt werden.

Innerhalb der topförmigen Drehanode 5 ist die Rotorwicklung 6 als Kurzschlußwicklung des Drehanodenantriebes angeordnet. Der außerhalb des Vakuumraumes angeordnete Stator 7 hat die Form einer Hülse und

ragt in den Hohlraum zwischen der Drehanode 5 mit der Rotorwicklung 6 und eines zylindrischen Gehäuseteils für die Lagerung der Drehanode 5. Die Wand des Vakuumraumes, die sich zwischen Stator 7 und Rotor 6 befindet, besteht aus unmagnetischem Material geringer elektrischer Leitfähigkeit. Für die Lagerung der Drehanode 5 werden Kugellager 8 verwendet, welche für die Anwendung im Vakuum geeignet sind. Der relativ große Abstand der Kugellager 8 gewährleistet den genauen Rundlauf der Drehanode 5.

Die bei der Erzeugung der Röntgenstrahlung wirksame abgeschrägte Stirnfläche 5b der Drehanode 5 ist als eine um 6° geneigte Fase zur geschlossenen Stirnfläche des topförmigen Teils mit der Schräge am Umfang ausgeführt. Auf dieser geneigten Kreisringfläche sind mehrere Targetmaterialspuren 15 verschiedener Targetmaterialien auf einem geeigneten Trägerwerkstoff, z. B. Graphit, der mit dem Grundwerkstoff der Drehanode 5, die vorzugsweise aus Kupfer besteht, gut wärmeleitend und mechanisch sehr fest verbunden ist, durch geeignete Verfahren, wie z. B. durch Aufdampfen, aufgebracht. Diese Targetmaterialspuren 15 weisen Unterbrechungen 13 auf, wie in Fig. 2 dargestellt, so daß die charakteristische Röntgenstrahlung in Impulsen erzeugt wird. Die Breite des aufgebrachten Anodenmaterials sowie der Abstand zwischen den Targetmaterialspuren 15 ist größer als die Länge L des Strich-Fokus. Die Unterbrechungen 13 in den Targetmaterialspuren 15 können Vertiefungen und/oder Erhöhungen und/oder Öffnungen sein.

Die Form des Brennfleckes kann so gewählt werden, daß mehrere Targetmaterialspuren 15 auf der Drehanode 5 angeregt werden.

Der die Röntgenstrahlung anregende Elektronenstrahl der vorgeschlagenen Form wird durch den elektromagnetischen Oktupol auf das jeweilige Targetmaterial abgelenkt und stabil in dieser Lage gehalten. Die Ablenkung des anregenden Strahles liegt in der Größenordnung von einigen 1/10 Millimetern. Durch die Neigung der Anodenfläche um 6° entsteht dabei eine nur geringfügige Verschiebung in der Größe von 1/10 der Ablenkung des anregenden Strahles der Achse in Abnahmerichtung der Röntgenstrahlung.

Dicht über der wirksamen Anodenfläche ist eine Röntgenkapillaroptik 9 mit polykapillarer Struktur angeordnet, deren im Gesamtdurchmesser eine geringe Verschiebung der Abnahmeachse in Richtung des Strahlenaustrittsfensters 10, welches vorzugsweise aus Beryllium besteht, zuläßt. Die Konstruktion der Aufnahme der Röntgenkapillaroptik 9 gewährleistet die genaue Positionierbarkeit zur Drehanode 5.

Bei der Anwendung der Röntgenröhre in der Röntgenfluoreszenzanalyse ist zu beachten, daß die Leistungsfähigkeit der Detektoren hinsichtlich der verarbeitbaren Strahlungsimpulse begrenzt ist, so daß etwa während der Hälfte der Meßzeit der Detektor blockiert ist, dieser also eine sogenannte Totzeit aufweist, und die auftreffende Strahlung nicht registriert wird. In Kenntnis dieser Tatsache ist es möglich, während dieser Totzeit die Erzeugung von Röntgenstrahlung innerhalb der Röntgenröhre abzuschalten bzw. zu drosseln. Damit kann die Verlustenergie und somit die thermische Belastung der Anode vermindert werden. Der Anodenstrom wird in synchronen Takten mit der Totzeit des Detektors abgeschaltet bzw. abgelenkt.

Für die Anwendung der Röntgenröhre in der Röntgenfluoreszenz-Analytik besteht die Möglichkeit, die Probe mit mehreren charakteristischen Strahlungen zu

untersuchen. Realisiert werden kann das dadurch, daß die Drehanode 5 mit Segmenten der Kombination unterschiedlicher Targetmaterialien bestückt wird. Die Bestückung mit unterschiedlichen Targetmaterialien ist sowohl in einer Spur als auch in mehreren Spuren möglich.

Die in Fig. 4 dargestellte zweite Variante einer Mikrofokusröntgenröhre unterscheidet sich von der in Fig. 1 dargestellten ersten Variante insbesondere dadurch, daß die Drehanode 5 hier vollständig zylindrisch ausgebildet ist und die Targetmaterialspuren 15 nebeneinander auf der Mantelfläche 5a angeordnet sind.

Die Drehanode 5 ist innerhalb des Vakuumsystems axial verschiebbar, wodurch der Brennfleck auf der jeweiligen Targetmaterialspur 15 stets auf der optischen Achse der festangeordneten Röntgenkapillaroptik 9 positioniert werden kann.

Diese Positionierung erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel durch einen elektromagnetischen Anoden-Verstellantrieb 12, welcher mit der Steuer- und Regeleinrichtung 11 verbunden ist.

Die Steuer- und Regeleinrichtung 11 besteht aus einem Detektor für die von der Drehanode 5 emittierte und der Röntgenkapillaroptik 9 übertragene Röntgenstrahlung, elektronischen Baugruppen sowie gegebenenfalls zusätzlich einer Korrekturspule, mit der die Lage des Elektronenstrahls auf der Drehanode 5 in kleinen Flächenbereichen beeinflußt werden kann.

Die Drehanode 5 ist bei dieser Ausführungsvariante um ca. 6° zur Achse der Röntgenkapillaroptik 9 bzw. um ca. 84° zum Elektronenstrahl geneigt.

Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist es möglich, durch Kombination der aufgezeigten Mittel und Merkmale weitere Ausführungsvarianten zu realisieren, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

1 Metallgehäuse	40
2 Kathode	
3 elektronenoptisches System	
4 Oktupol	
5 Drehanode	
5a Mantelfläche	
5b abgeschrägte Stirnfläche	45
6 Rotorwicklung	
7 Stator	
8 Kugellager	
9 Röntgenkapillaroptik	
10 Strahlenaustrittsfenster	50
11 Steuer- und Regeleinheit	
12 Anoden-Verstellantrieb	
13 Unterbrechungen	
14 Sonde	
15 Targetmaterialspur	55

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie, wobei die von einer Kathode emittierten Elektronen beschleunigt und auf eine Drehanode gelenkt werden und dort Röntgenstrahlen initiieren, dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenstrahlung durch eine Glaskapillaroptik fokussiert wird und der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Glaskapillaroptik positioniert und

gehalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das auf der Drehanode befindliche Targetmaterial in zeitlich und geometrisch definierten Abständen in den Wirkungsbereich des Elektronenstrahles eingebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die definierten Zeitabstände durch Unterbrechungen im Targetmaterial, welches im Wirkungsbereich des Elektronenstrahles bewegt wird, erzeugt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung eine Rotation ist und das kreisförmig in einer oder in mehreren unterbrochenen Spuren aufgebrachte Targetmaterial in Abhängigkeit der Rotationsgeschwindigkeit und der geometrischen Abmessungen des Targetmaterials und der Unterbrechungen die Impulsbreite- und Impulsfolgefrequenz der Röntgenstrahlung bestimmt.

5. Verfahren nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen Spuren aus unterschiedlichen Targetmaterialien bestehen und/oder jede einzelne Spur Segmente verschiedener Targetmaterialien aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Anwendung in der Röntgenfluoreszenz-Mikroskopie die Impulsfolge mit der Bewegung des Objektes synchronisiert bzw. koordiniert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Anwendung in der Röntgenfluoreszenz-Mikroanalyse die Impulsfolge mit der Totzeit des Detektors synchronisiert bzw. koordiniert wird.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe des Fokus einstellbar ist und auf verschiedene Targetmaterialspuren aus unterschiedlichen Targetmaterialien verlagert werden kann, derart, daß in bezug auf die optische Achse einer Röntgenoptik die Brennflecke unterschiedlicher Targetmaterialspuren hinreichend dicht beieinander liegen.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Wechsel der Strahlungscharakteristik die Drehanode axial verschoben wird derart, daß der Brennfleck auf der Drehanode stets exakt auf der optischen Achse der Glaskapillaroptik liegt.

10. Röntgenröhre zur Erzeugung von Röntgenstrahlung, wobei die von einer Kathode emittierten Elektronen in einem elektrischen Hochspannungsfeld beschleunigt, mit Hilfe eines elektronenoptischen Systems auf einer Drehanode mit mindestens einer Targetmaterialspur fokussiert werden und die entstehende Röntgenstrahlung durch ein Strahlenaustrittsfenster abgestrahlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb eines gemeinsamen Vakuumsystems zwischen der wirksamen Fläche der Drehanode (5) und dem Strahlenaustrittsfenster (10) eine Röntgenkapillaroptik (9) und außerhalb der Röntgenröhre eine Steuer- und Regeleinrichtung (11) angeordnet ist, welche den Brennfleck auf der Drehanode (5) exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik (9) positioniert.

11. Röntgenröhre nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehanode (5) eine zylindri-

sche Form aufweist und auf der Mantelfläche (5a) Targetmaterialspuren (15) angeordnet sind.

12. Röntgenröhre nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehanode (5) topfförmig ausgebildet ist und die Targetmaterialspuren (15) ⁵ auf der abgeschrägten Stirnfläche (5b) der Drehanode (5) angeordnet sind.

13. Röntgenröhre nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Drehanode (5) ein ringförmiger Rotor (6) innerhalb des Vakuumsystems ¹⁰ und damit zusammenwirkend ein Stator (7) außerhalb des Vakuumsystems angeordnet ist.

14. Röntgenröhre nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Steuer- und Regeleinrichtung (11) die Größe des Fokus der Kathode (2) ¹⁵ der Elektronenquelle über ein elektronenoptisches System (3, 4) eingestellt werden kann, derart, daß in bezug auf die optische Achse der Röntgenoptik (9) die Brennflecke unterschiedlicher Targetmaterialspuren (15) hinreichend dicht beieinander liegen. ²⁰

15. Röntgenröhre nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehanode (5) innerhalb des Vakuumsystems axial verschiebbar ausgebildet ist derart, daß der Brennfleck auf der Drehanode (5) stets exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik (9) positionierbar ist. ²⁵

16. Röntgenröhre nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebung der Drehanode (5) durch einen elektromechanischen Anoden-Verstellantrieb (12) realisiert wird. ³⁰

17. Röntgenröhre nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse der Drehanode (5) um ca. 6° zur Achse der Röntgenoptik (9) bzw. ca. 84° zum Elektronenstrahl geneigt ist. ³⁵

18. Röntgenröhre nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode (2) der Elektronenstrahlquelle eine Strich-Kathode ist.

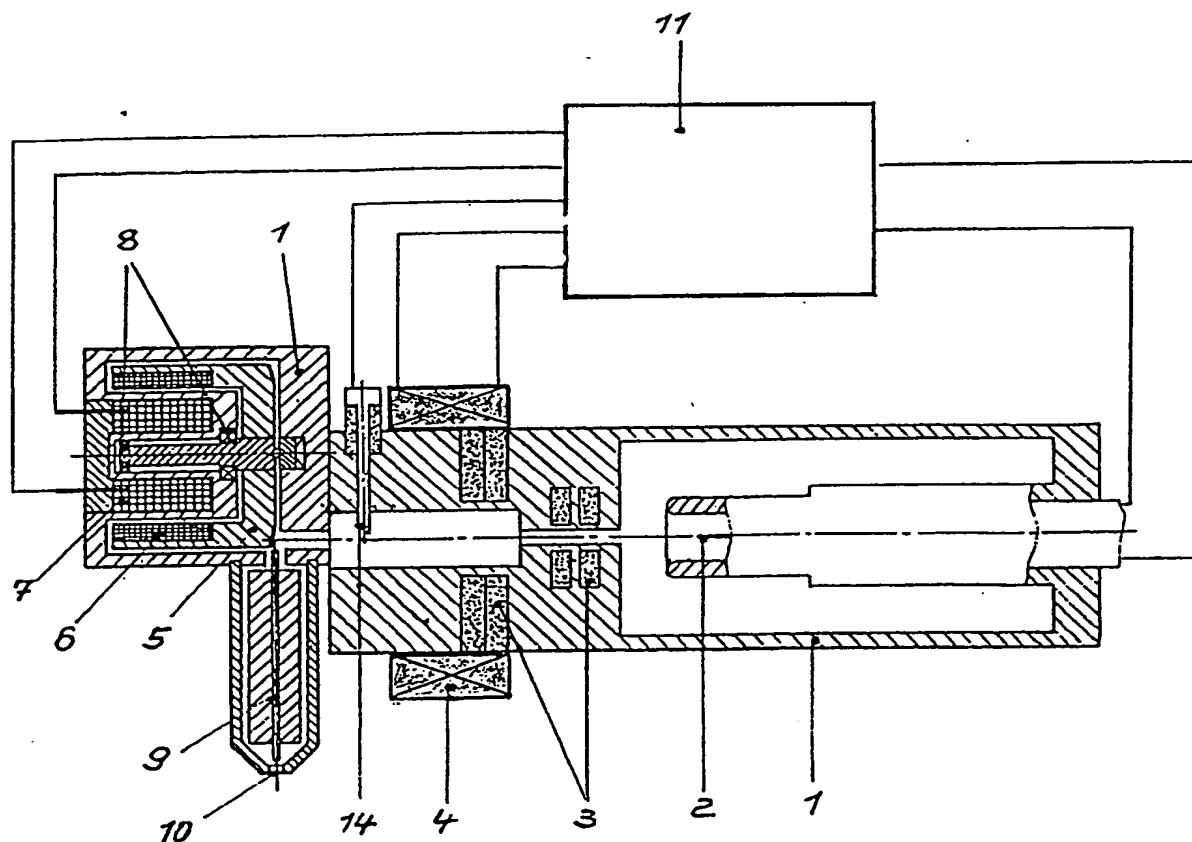
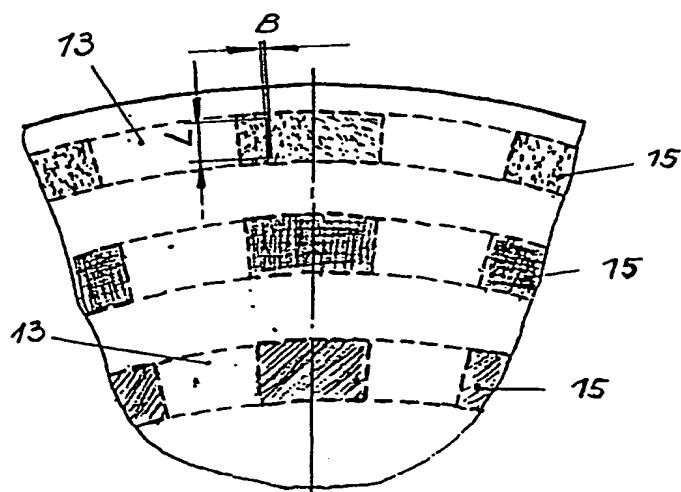
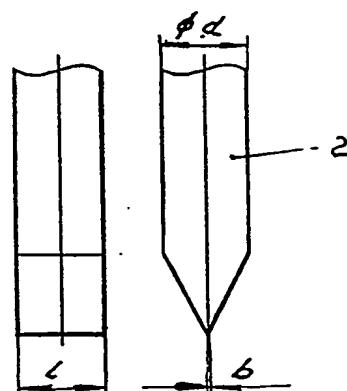
19. Röntgenröhre nach Anspruch 10 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Strich-Katode als ⁴⁰ Vorratskathode mit einer selbstregenerierenden Oberflächenbeschichtung ausgebildet ist.

20. Röntgenröhre nach Anspruch 10 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Targetmaterialspuren (15) und der Abstand zwischen ihnen größer ist als die Länge L des Strichfokus. ⁴⁵

21. Röntgenröhre nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterbrechungen (13) in den Targetmaterialspuren (15) Vertiefungen und/oder Erhöhungen und/oder Öffnungen sind. ⁵⁰

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1Fig. 2Fig. 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BEST AVAILABLE COPY

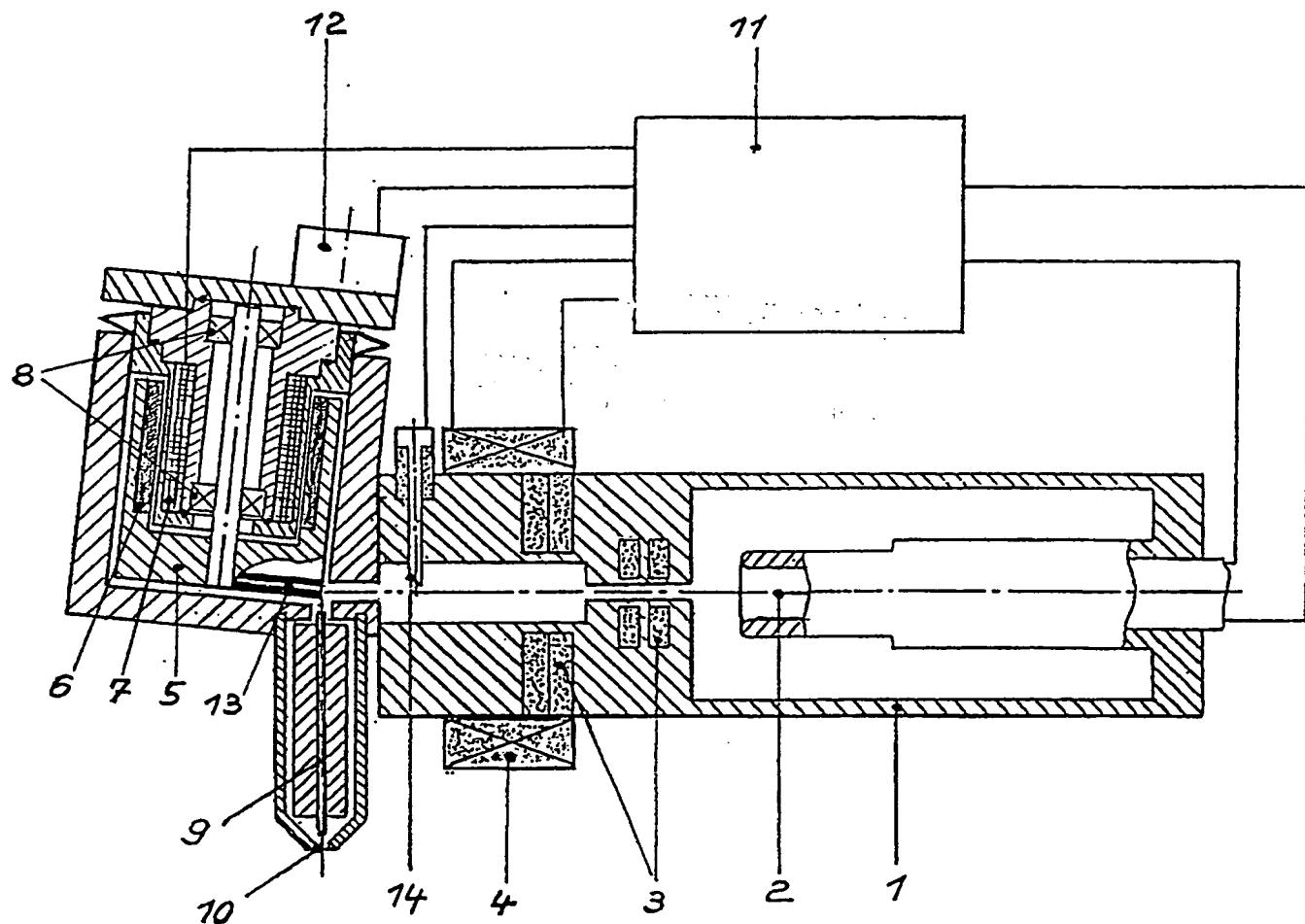


Fig. 4

THIS PAGE BLANK (USPTO)